

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ РЫНКА МОБИЛЬНЫХ УСЛУГ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

Приводятся результаты анализа состояния и тенденций развития рынка инновационных услуг широкополосных систем беспроводной связи нового поколения и влияние на него технико-экономических факторов. Наводятся особенности технических решений для обеспечения требований до сетей нового поколения и архитектуры сети LTE, научно-технические задачи для повышения эффективности функционирования гетерогенных сетей.

**Ключевые слова:** технологии радиодоступа, абонентские устройств, гетерогенная беспроводная сеть, зоны покрытия, пропускная способность мобильной сети, услуги мобильной связи.

### Вступление

Сегодня значительное ускорение темпов роста мирового рынка телекоммуникационных услуг происходит в первую очередь за счет увеличения спроса на услуги сотовой связи и быстрого развития Интернета [1-7]. Он постепенно становится преимущественной глобальной средой цифрового ТВ-вещания.

Цель данной статьи – рассмотреть технические и экономические аспекты развития сетей и рынка услуг мобильной широкополосной связи нового поколения и их влияния на экономический рост стран.

### Общая характеристика состояния развития широкополосных систем беспроводного доступа

Ключевой тренд текущего времени – интеграция телевизоров и ТВ приставок с Интернетом. Термин «Smart TV» аналогичен понятию «Smart Phone» и говорит о том, что это телевизор со значительно расширенным набором функций. «Умные телевизоры» начинают больше ориентироваться на:

- Internet TV.
- Потокное видео на Интернет-ресурсах (так называемый Over-the-top content).
- Видео по запросу (Video on demand или VOD).
- Информационно-развлекательные приложения (виджеты).
- Просмотр изображений и других ресурсов сети.
- Воспроизведение мультимедиа, имеющегося дома на PC, ноутбуке, телефоне и других цифровых носителях.

Потоковое видео или технология OTT (Over the Top) получила широкое распространение в сфере предоставления видеослужб через Интернет. Термин OTT означает доставку видеосигнала на приставку (компьютер, мобильный телефон) пользователя по неуправляемой сети Интернет в отличие от услуг IPTV, которые предоставляются через управляемую оператором сеть с гарантированным QoS. Все активнее используется телевебинар – телевизионная презентация (вещание) через Интернет в режиме реального времени с возможностью интерактивного общения с аудиторией через видео-, голосовой и текстовый чаты.

Широкополосный Интернет, внедряемый в настоящее время большинством передовых операторов связи, сам по себе не создает некой добавочной стоимости, но обеспечивает возможность внедрения новых услуг, для которых пропускной способности существующих систем передачи было недостаточно. Одной из наиболее перспективных услуг на данной платформе является без сомнения доставка интерактивного мультимедиа контента (т. е. информационного содержания) пользователю.

С ускоренным внедрением высокоскоростных («быстрых») сетей передачи данных в сегменте конечных пользователей появился способ прямого доступа к пользователю, а именно, доступ по широкополосным IP-сетям.

Преимущество широкополосной IP-сети, служащей для доставки мультимедийного информационного содержания, заключается, в первую очередь, в ее разветвленности и интерактивности, благодаря чему набор услуг, которые могут быть предоставлены покупателю, существенно богаче. К дополнительным услугам из области мультимедийного контента относятся следующие:

- цифровое телевидение (TVoIP);
- видеопозапросу (Video on Demand - VoD);
- прокатвидеоконтентов (Video Rental);
- игрыпозапросу (Games on Demand - GoD);
- адаптацияпакетовсучетомпользователя (per User Profiles);
- предварительный просмотр контента (TrybeforePay).

Причинами столь быстрого увеличения темпов роста услуг сотовой связи являются не столько общее увеличение населения в мире и рост его доходов, сколько бурное развитие научно-технического прогресса, серьезные социально-экономические изменения общества. Мобильная связь дает импульс к росту всей мировой экономики и способствует формированию новых тенденций ее развития и рынок услуг сотовой связи один из динамично развивающихся секторов в мировой экономики.

Экономика каждой страны напрямую зависит от развития связи и Интернета. Благодаря Интернету развивается малый бизнес, электронная коммерция, растет производительность труда и эффективность бизнес – процессов предприятий, решаются вопросы энергосбережения и безопасности, медицины и образования. Проведенные ведущими аналитиками исследования ИКТ позволили выявить характерную зависимость: чем выше уровень ШПД, тем больше вклад в ВВП страны. На рис. 1 показаны три группы стран: с низким проникновением ШПД – вклад в ВВП составляет 0,8%; со средним – 1,4%; с высоким – 2,3%.

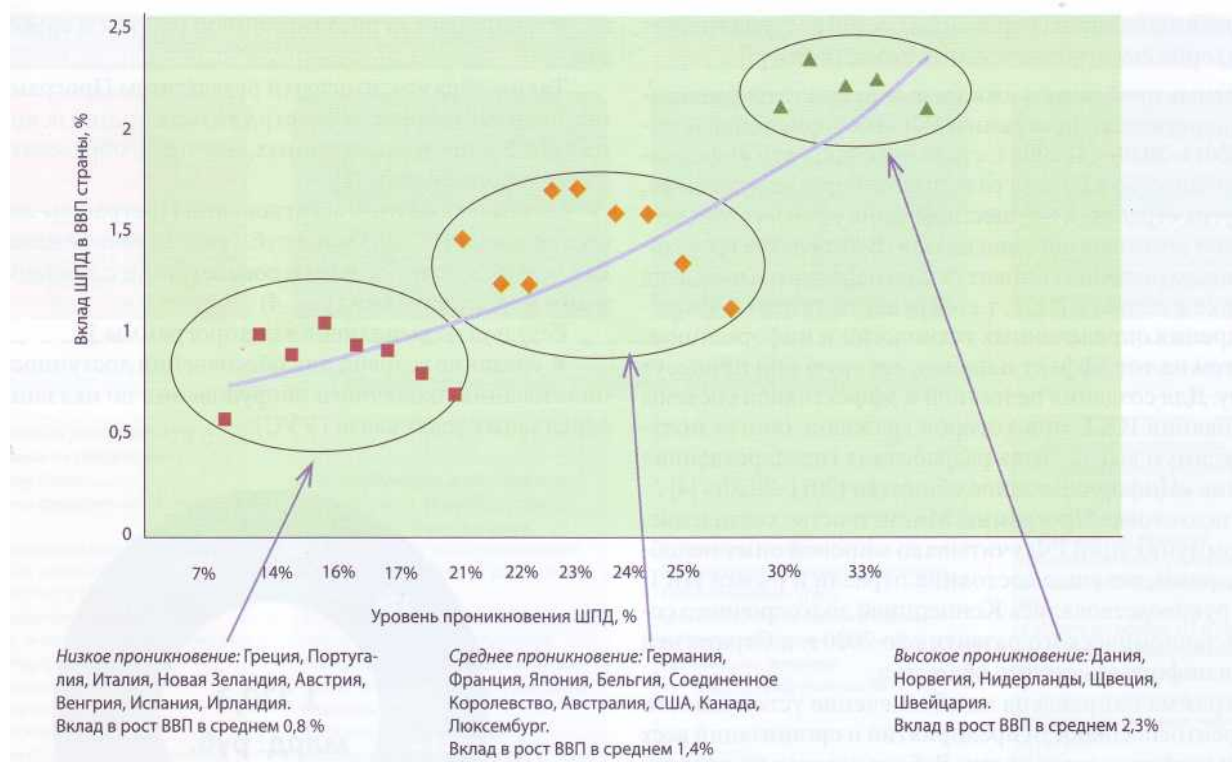


Рис. 1 Результаты исследований мирового рынка ИКТ ведущими аналитиками

Главной стратегией на сегодняшний день у операторов сотовой связи является увеличение темпов роста дохода за счет предоставления услуг с добавленной стоимостью, которые в свою очередь требуют увеличение пропускной способности канала связи.

На данный момент, мобильный доступ, используемый в основном как дополнение к фиксированному доступу к глобальной сети, находит все больший спрос, а снижение цен на мобильный Интернет делает использование мобильного доступа все более привлекательным для пользователя. Процесс полностью аналогичен тому, как некоторое время назад мобильная связь дополнила стационарную и со временем заняла свою рыночную нишу.

Одной из наиболее стремительно развивающихся услуг является мобильный Интернет и доля доходов от мобильного интернета в структуре доходов услуг неуклонно растет. Основным источником роста доходов от мобильного интернета является развитие сетей третьего поколения (3G) и продажи смартфонов, планшетов, USB-модемов и других устройств, позволяющих получить доступ к мобильному интернету (рис.2).

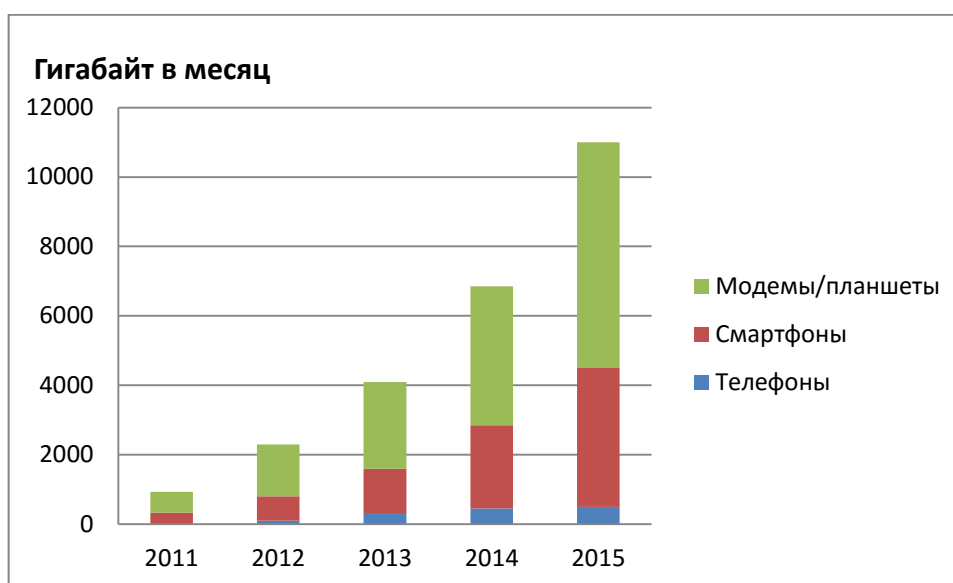


Рис.2. Рост объема трафика данных в сетях мобильной связи

На сегодняшний день операторы мобильной связи по всему миру фиксируют резкий рост объемов передаваемых данных, который во многом обусловлен набирающей обороты популярностью смартфонов и планшетных компьютеров, обеспечивающих удобный доступ ко всем новым приложениям и сервисам (рис.3).

По прогнозу Bell Labs, трафик данных в мобильных сетях за пять лет - с 2010 по 2015 г. - вырастет в 30 раз. Во многих странах мира число абонентов мобильного доступа уже превысило количество абонентов фиксированного доступа. Динамика развития мобильного и фиксированного широкополосного доступа, а также мобильных подключений в целом и посредством планшетов и роутеров представлена рис.4.

Такая динамика объясняется несколькими факторами:

Во-первых, ростом мобилизации абонентов за счет развития рынка смартфонов, планшетов.

Во-вторых, изменением подхода поставщиков услуг Интернет к разработке онлайн-приложений для абонентов.

На рисунке 5 показаны темпы продаж настольных и портативных компьютеров в сравнении с продажами смартфонов и планшетов.

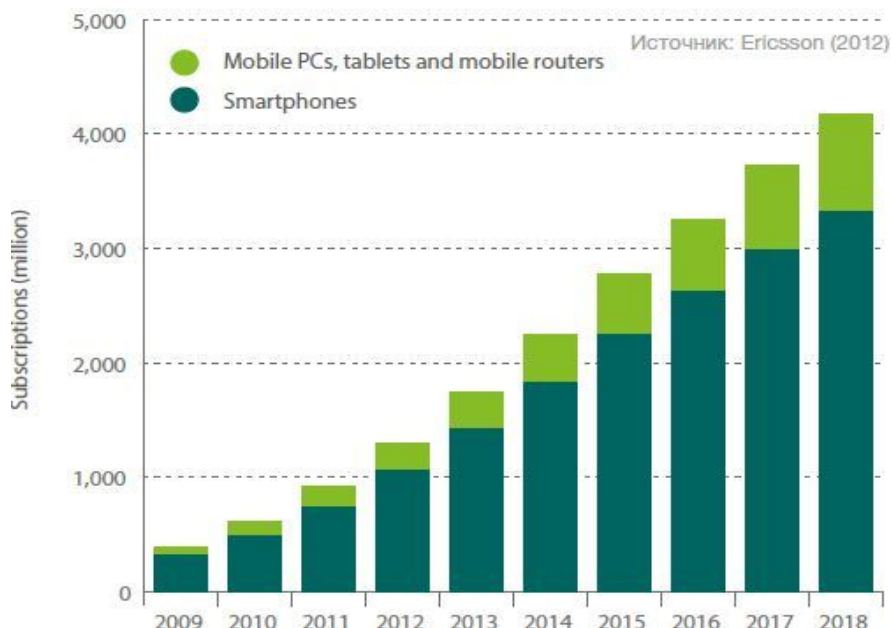


Рис. 3. Динамика подключения через смартфоны, ПК, мобильные роутеры и планшеты, прогноз на 2009—2018 г.г.



Рис.4 Динамика подключения к сетям фиксированного и мобильного широкополосного доступа, прогноз на 2010-2020 г.г.

При этом на рис. 6 представлены данные, демонстрирующие устойчивую тенденцию роста трафика данных при практически неизменном объеме голосового трафика. При этом прослеживается тенденция снижения стоимости передачи 1 Мбайт данных в мобильных сетях. По прогнозам, в период с 2013 по 2019 г. среднегодовые темпы прироста мобильного трафика составят примерно 45%, в результате к концу 2019 г. его объем увеличится в 10 раз. Согласно тем же прогнозам, объем трафика в сетях фиксированной связи растет значительно медленнее, чем в сетях мобильной. Его среднегодовые темпы прироста в период с 2013 по 2019 г. составят примерно 25%. Тем не менее, в абсолютном выражении через сети

фиксированной связи передается больше трафика, чем через сотовые. В 2013 г. на мобильный трафик данных приходилось всего 5% общего объема трафика, передаваемого по проводным и беспроводным сетям, и даже к 2019 г. этот показатель вырастет лишь до 12%.



Рис.5 Темпы продаж настольных и портативных компьютеров в сравнении с продажами смартфонов и планшетов



Рис. 6. Мировые тенденции роста трафика данных

Кроме того, в результате развития технически больших сенсорных экранов и технологий построения мобильных сайтов, операторы фиксированного широкополосного доступа потеряли второе преимущество – удобная и быстрая работа Web-приложений на настольных компьютерах. Еще одной важной особенностью мобильного Интернета стало активное появление мобильных приложений – специальных программных продуктов для

планшетов и других интеллектуальных устройств, которые позволили более удобно иметь доступ к информации, по сравнению с Web-приложений.

Внедрение широкополосных сетей беспроводного доступа оказывает одновременно существенное влияние на экономическое развитие страны следующим образом:

- увеличение пользователей на одну тысячу – создание новых 80 рабочих мест;
- увеличение на 10% проникновения широкополосных сетей беспроводного доступа – увеличение ВВП на 1%;
- увеличение в два раза скорости передачи данных в широкополосных сетях беспроводного доступа – увеличение ВВП на 0,3%;
- увеличение на 1% проникновения широкополосных сетей беспроводного доступа – увеличение на 3,5% регистраций нового бизнеса.

Кроме того, среди экономических аспектов влияния развития беспроводных широкополосных систем связи необходимо отметить следующее:

- по оценкам экспертов, вклад мобильной связи в мировую экономику достиг **3,6%** общего мирового ВВП, вложения в отрасль составили в прошлом году **336** млрд долларов, было создано **10,5** млн рабочих мест;
- согласно оценке американских экономистов, предоставление дополнительных полос частот для развития мобильных систем связи в США позволит создать **150 тыс. рабочих мест** и до 2021 г. за счет дополнительных налогов принесет в казну **\$ 4,5 млрд.**
- В настоящее время рынок мобильной рекламы характеризуется ростом числа успешных рекламных кампаний, высокой активностью компаний, заключающейся в большом числе слияний, поглощений, приобретений и разработке новых проектов. Согласно прогнозам аналитиков компании доходы от мобильной рекламы в 2015 году достигнут **24 млрд. долл.**

### **Данные состояния развития мирового рынка мобильных телекоммуникаций**

1. Общее число абонентов мобильной связи на начало 2015 г. оценивалось в 3,9 млрд человек, создающих 6,9 млрд соединений. Количество широкополосных мобильных соединений – 2,4 млрд.

2. К 2020 г., по прогнозам, общее число абонентов в мире достигнет 6,1 млрд, из них 3,1 млрд – абоненты сетей LTE и 2,3 млрд – абоненты сетей HSPA.

3. Общий объем видеотрафика, который будет передан по сетям 3G/4G за пять лет, с 2015 по 2020 г., вырастет до 440 Экзбайт.

### **Особенности развития рынка мобильных услуг технологии M2M**

Исследовательская компания Machina Research опубликовала прогноз развития рынка услуг M2M, согласно которому в мире в 2020 году в сегменте коммунальных услуг число устройств, подключенных по технологии M2M, увеличится до 1,5 млрд. штук, а доходы составят 24 млрд. евро.

В связи с этим, по мнению аналитиков компании, операторы сетей подвижной связи должны направлять все свои усилия на установление прямых отношений с коммунальными компаниями, выступая в роли системных интеграторов или сторонних поставщиков услуг, предлагая им различные услуги, например, контроль над устройствами и их обслуживание, а не только оказывать услуги по пропуску трафика. Это позволит операторам сетей подвижной связи предоставлять услуги коммунальным компаниям из конца в конец.

Согласно прогнозам аналитиков компании, в 2020 году доходы от услуг по пропуску трафика составят всего 5% от общих доходов коммунальных услуг или 1,2 млрд. евро. На настоящий момент времени в мире в сегменте коммунальных услуг насчитывается 100 млн. устройств, подключенных по технологии M2M, которые приносят доход в размере 4 млрд.

евро, из которых, в свою очередь, 1% или 50 млн. евро приходится на услуги по пропуску трафика, генерируемого в сетях подвижной связи.

Прогнозы, сделанные компанией Machina Research, показывают, что ежегодные доходы от оказания услуг M2M в сегменте коммунальных услуг достигнут своего пика в 2017 году – **28 млрд. Евро**. Затем будет наблюдаться тенденция снижения доходов. Динамика доходов от оказания услуг M2M в сегменте коммунальных услуг по регионам мира представлена на рис. 7.

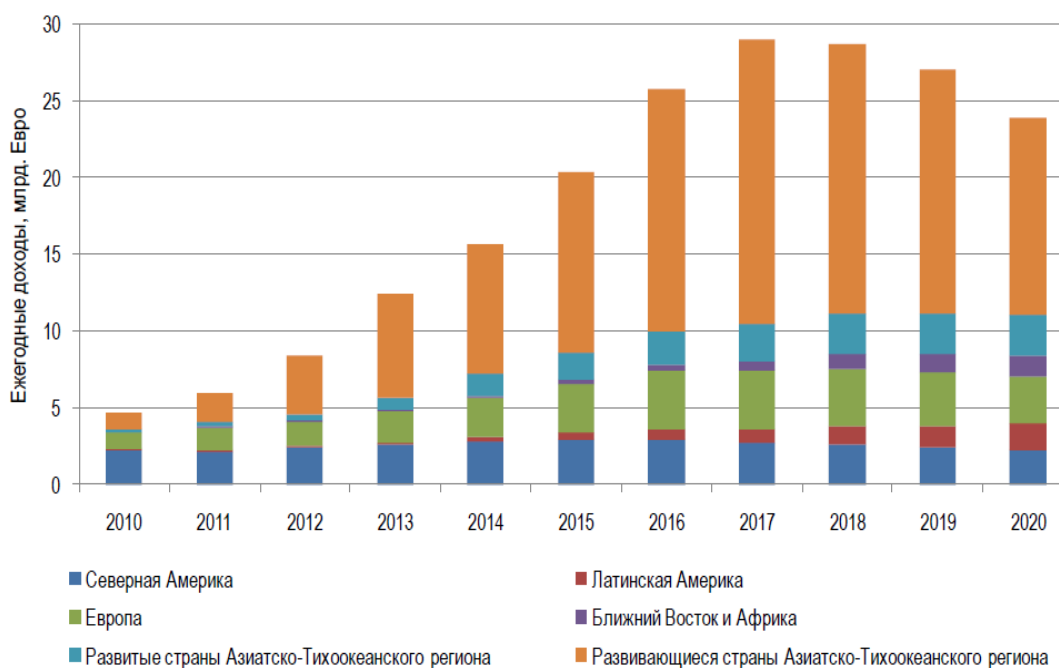


Рис.7. Динамика доходов от оказания услуг M2M в сегменте коммунальных услуг по регионам мира на период с 2010 по 2020 г.г.

### Мобильные широкополосные сети 4-го и 5-го поколений

Проблема повышения пропускной способности систем сотовой радиосвязи привела к созданию, так называемых, сотовых систем четвёртого поколения (4G). В отличие от сотовых систем предыдущего третьего поколения (3G), изначально ориентированных только на передачу голосовых данных, т.е. на мобильную телефонию, системы связи 4G ориентированы на универсальную (пакетную) передачу данных любого типа [8-10]. Также, для повышения скорости и надёжности передачи информации одновременно большому числу абонентов, в системах 4G применяется технология множественного доступа с ортогональным частотным разделением OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) [5] и пространственно-временная обработка сигналов на многоэлементных приёмно-передающих адаптивных антенных решётках (MIMO, от англ. Multiple Input — Multiple Output, что означает систему связи со многими антеннами на передатчике, т.е. на входе канала связи, и многими антеннами на приёмнике, т.е. на выходе канала связи) [9,10]. Таким образом, принципиальным отличием систем сотовой радиосвязи четвёртого поколения является применение MIMO-OFDMA технологии. В качестве примера MIMO-OFDMA системы связи можно привести развёрнутую универсальную систему наземного радиодоступа E-UTRA (Evolved Universal Terrestrial Radio Access) Release-10/11 [11], известную под названием Long Term Evolution — Advanced (LTE-A), а также сотовую систему радиосвязи WirelessMAN-Advanced (стандарт IEEE 802.16m, известный как WiMAX-Advanced) [8,9].

Стандарт LTE основан на применении технологии ортогонального частотного разделения каналов (OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Ключевыми характеристиками стандарта являются: возможность передачи данных на больших скоростях (целевое значение 1 Гбит/с для нисходящего направления), возможность работы с абонентами, передвигающимися на скорости до 350 км/ч, возможность масштабирования полосы сигнала (1.4, 3, 5, 15, 15, 20 МГц), с 10 релиза поддерживается агрегация до 5 несущих, что предоставляет возможность создания системы с полосой сигнала в 100 МГц и т.д.[10] Эти особенности делают стандарт LTE перспективным направлением развития систем мобильной связи, а исследования данной области актуальными и востребованными. При разработке систем 4-го поколения преследовались следующие цели (рис.8):

1. Максимально эффективное использование ограниченного радиочастотного ресурса.
2. Плоская all-IP архитектура сети, которая существенно снижает стоимость передачи за мегабайт данных.
3. Новый радиointерфейс с новыми технологиями передачи.

Переход от 3G/CDMA2000 EV-DO к UMB (pre-4G)



Рис.8 Технические аспекты перехода от мобильных сетей 3G к сетям 4G

Базовая архитектура сети LTE состоит из пакетного ядра сети и сети радиодоступа. Такие системы имеют очень высокие показатели спектральной эффективности и высокоскоростные механизмы адаптации для обеспечения качества передачи видеотрафика.

Согласно данным Всемирного мобильного конгресса 2015 года в мире работают 364 коммерческие сети LTE в диапазонах 700 и 800 МГц, 1800 МГц; 2,3 и 3,5 ГГц и к настоящему времени более 30% абонентов LTE на территории США и почти столько же – Китай (рис 9; табл.1).



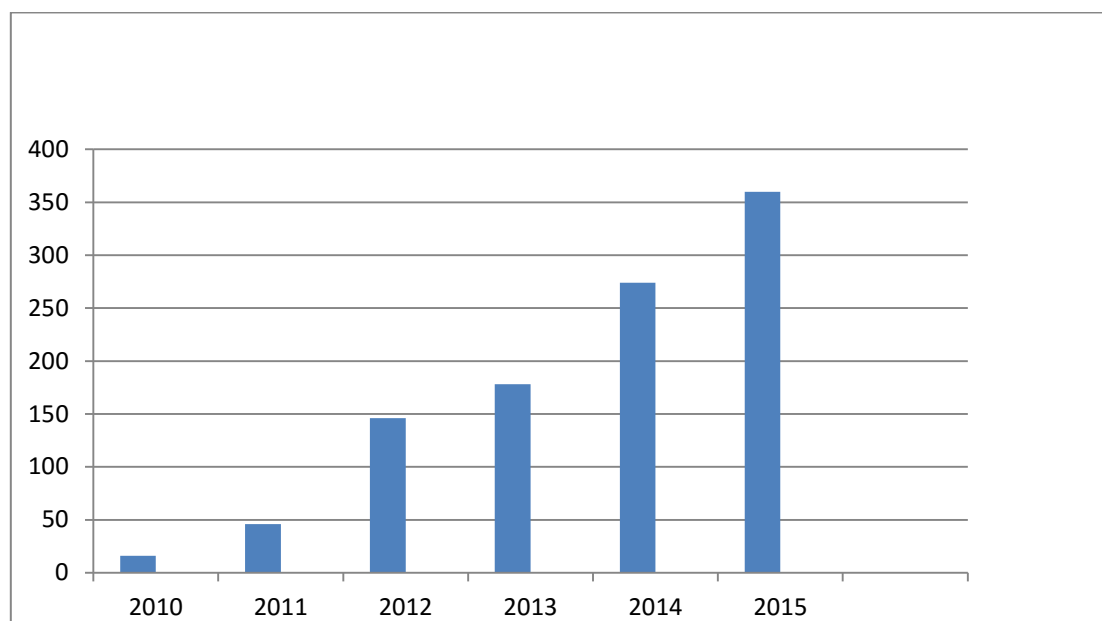


Рис. 9. Динамика роста мобильных сетей LTE

Таблица 1

Число абонентов в сетях крупнейших операторов LTE

Позиция	Оператор	Страна	Количество LTE-соединений, млн.
1.	China Mobile	Китай	100,0
2.	Verizon Wireless	США	67,4
3.	AT&T Mobility	США	40,0
4.	NTT DoCoMo	Япония	15,9
5.	SK Telecom	Южная Корея	16,7
6.	Au (KDDI)	Япония	16,2
7.	«Большая тройка»	Россия	7,0

Сейчас объем трафика видеослужб составляет, по оценкам операторов, от 66 до 75% общего объема трафика в сетях 4G, включая 33% на услуги YouTube и 34% - чистое видео, а также видеонаблюдение (Video Surveillance) в сетях M2M (рис.10). Кроме того, до 2020 г. количество M2M -подключений в сетях мобильных операторов будет расти с показателем CAGR = 45% и достигнет 2,1 млрд. соединений.

С учётом растущей массовости (Massive M2M) услуги M2M тоже будут превалировать над базовыми голосовыми услугами в сетях 4G и 5G. Прогнозы показывают, что ежегодные доходы от оказания услуг M2M в сегменте коммунальных услуг достигнут своего пика в 2017 году – 28 млрд. евро. Повышение спектральной эффективности в сетях 5G в 2-3 раза по сравнению с сетями 4 G может быть достигнуто за счет применения неортогональных методов доступа и неортогональных сигналов (рис.11).

Параллельно с этими процессами начало XXI века ознаменовалось конверсией сенсорных сетей, созданием теории и практической реализацией так называемых всепроникающих сенсорных сетей. Появление возможности взаимодействия устройств между собой без участия человека поста вило вопрос о необходимости разработки новой концепции развития сетей связи общего пользования.

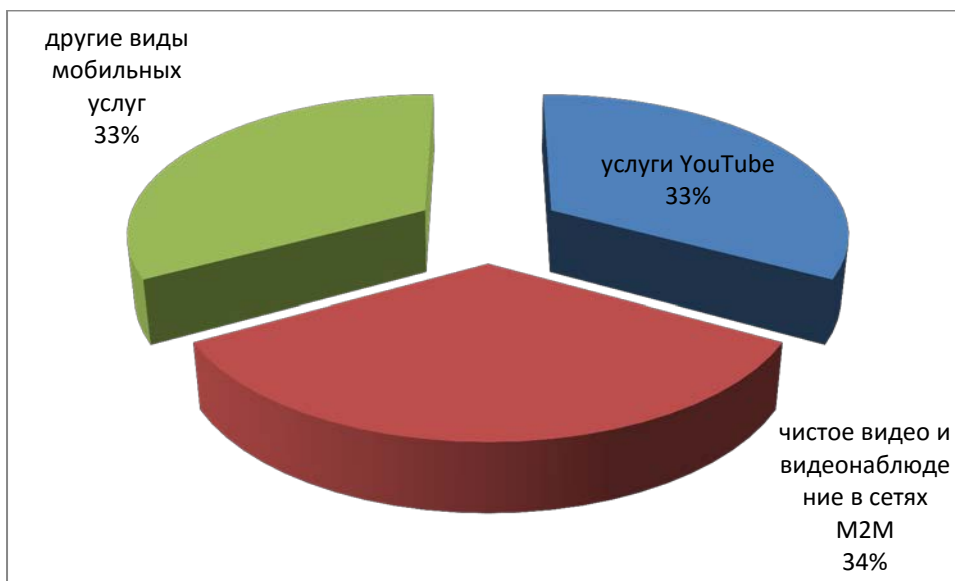


Рис.10. Распределение общего трафика в сетях 4-го поколения

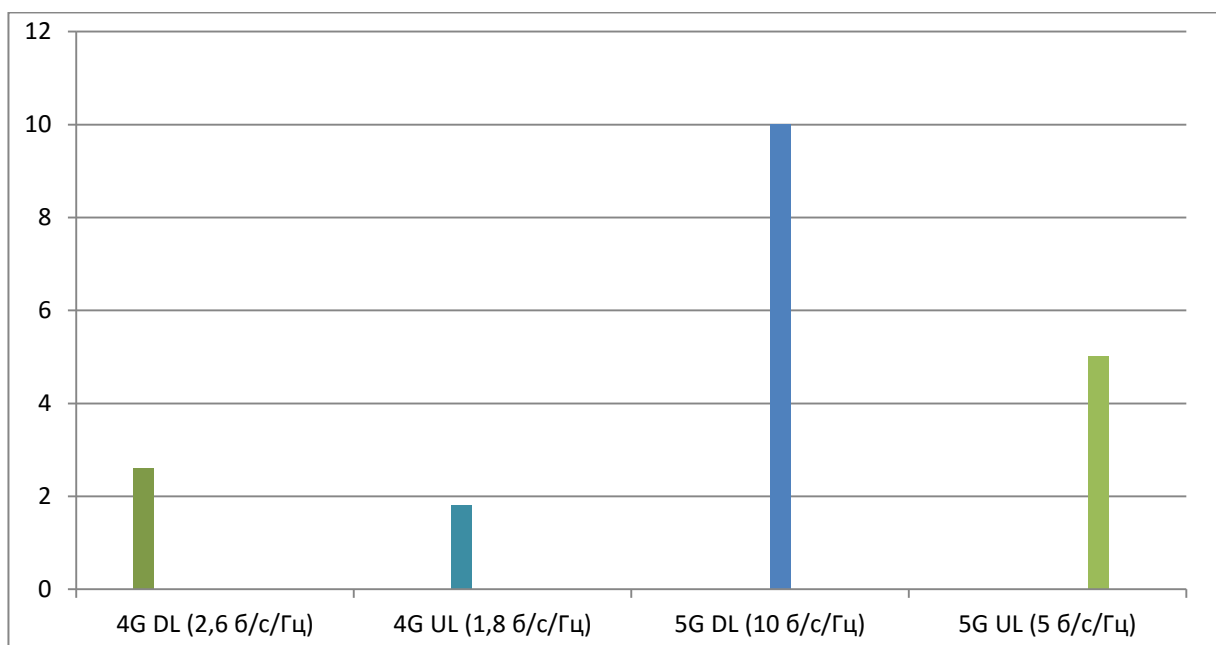


Рис. 11. Спектральная эффективность сетей 4-го и 5-го поколений

Как уже отмечалось, замечательно оправдавшая себя концепция сетей связи следующего поколения вместе с тем была рассчитана на обслуживание нескольких десятков миллиардов пользователей. Взаимодействие же устройств между собой заставляет задуматься о построении триллионной сети, т. е. сети, в которой число пользователей будет измеряться единицами и десятками триллионов. Такая концепция получила название Интернета Вещей. Прежде, чем перейти к фундаментальным изменениям в сетях связи при внедрении концепции Интернета Вещей, остановимся более подробно на характеристиках вещей[11, 12]. Подобно проводному широкополосному доступу, который является сейчас самым распространенным видом подключения, **5G** дает пользователю высокую скорость доступа в интернет — до 10 Гбит/с. Это позволяет моментально скачивать большие файлы (например, фильмы высокого качества), смотреть видеоролики или телепередачи, участвовать в online-играх в мобильном режиме и т.д.

В конце сентября 2015 года Европейский союз объявил о достижении важного соглашения с Китаем, которое позволит ускорить разработку и стандартизацию технологий для мобильных сетей пятого поколения. Стороны намерены осуществлять совместные исследования и разработки, а также способствовать скорейшему принятию глобальных стандартов в области 5G-связи. Аналогичные соглашения Европейский союз уже заключил с Японией и Южной Кореей. Еврокомиссия в рамках инициативы Horizon 2020 выделит €700 млн. на исследования в области мобильной связи пятого поколения. По результатам заседания группы высокого уровня Китая также решила вложить €15 млрд инвестиций в Европу. Предполагается, что первые коммерческие сети 5G будут введены в эксплуатацию в 2020 году. Для них уже определена максимальная скорость передачи данных - 20 Гбит/с. Такие системы приведут к появлению видеослужб нового поколения, а также инновационных приложений, работающих в реальном времени.

К середине периода 2012-2020 гг. прогнозируется в некоторых странах окончательное формирование системы «электронного правительства» и аналогичных систем в сфере здравоохранения, образования и других сферах общественной жизни. Дополнительными факторами роста в среднесрочной перспективе станет распространение новых форм услуг в телевидении по мере перехода к цифровому стандарту вещания (интерактивное телевидение) и форм удаленной работы специалистов. По-видимому, наибольшее влияние на ИТ-сектор окажет развитие технологий cloud computing и их распространение во всех сферах деятельности [12,13]. Поскольку они избавят потребителей от необходимости хранить и поддерживать локальное оборудование и программные продукты, которые можно будет получать дистанционно у поставщиков вычислительных ресурсов, это приведет к бурному развитию рынка сервис-провайдеров. Фактически данная технология означает, что вся информация будет храниться на нескольких серверах у крупных компаний, и ключевой ее проблемой является вопрос сохранности данных и национальной безопасности. Таким образом, развитие отечественных технологий в этой сфере весьма востребовано, поскольку оно может явиться мощным импульсом развития всего российского ИТК. В целом в конце периода следует ожидать усиления процессов формирования нового технологического ядра в сфере собственного производства аппаратных средств, связанных с переходом от элементной базы информационных технологий, основанной на микроэлектронике, к нано- и оптоэлектронике, обеспечением доступа широкого круга пользователей к современным способам сбора, хранения, обработки и передачи всех видов информации в режиме реального времени.

## **Выводы**

Таким образом, облачно-ориентированные платформы сетей радиодоступа 4-го и 5-го поколений на основе программно-ориентированных устройств SDR и базовых программно-ориентированных сетей на основе SDN, сделают возможным перенос вычислительных мощностей абонентских устройств в облачные технологии и использовании интеллектуальных абонентских устройств. В области технологий управления машинами наиболее интенсивно инновации внедряются в сферу Интернет вещей и услуг M2M. Одним из направлений развития сетей 5-го поколения станут

алгоритмы классификации трафика, что обеспечит поддержку вызовов рынка по динамике изменения спроса на услуги и потребности абонентов.

Несмотря на большое количество различных решений для сетей мобильной связи 4-го и 5-го поколений, нерешенными до сих пор остаются задачи эффективной передачи сигналов в радиоканалах при наличии большого количества интерферирующих сигналов в гетерогенных сетях, конвергенции различных технологий радиодоступа для эффективного предоставления сервисов в гетерогенных сетях, а также задачи моделирования сложных многоуровневых сотовых структур для оптимизации планирования и балансировки нагрузки, с учетом интерференции в гетерогенных сетях.

### Литература

1. Информационные материалы электронного издания CellularNews // cellular-news.com.
2. Информационные материалы электронного издания Fiercewireless//Fiercewireless.com.
3. Информационные материалы электронного издания TelecommunicationsOnline
4. Информационные материалы электронного издания TheInquirer// Theinquirer.net  
Информационные материалы электронного издания Unstrung //unstrung.com.
5. Тихвинский В.О., Терентьев С.В. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS м.: Эко-Трендз, 2007. - 400с.
6. Тихвинский В.О., Володина Е.Е. Подвижная связь третьего поколения: экономика и качество услуг. М.: Радио и связь, 2005.
7. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу. Навчальний посібник / Слободянюк П.В., Сайко В.Г., Наритник Т.М., Благодарний В.Г./ К.: ДУІКТ, 2012.—596 с.
8. Сайко В.Г. Системи та мережі цифрового радіозв'язку: інженерно-технічний довідник/ Сайко В.Г., Олійник В.Ф., Кривуца В.Г./ -- Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2011. – 612.
9. Скрынников В.Г. Радиосистемы UMTS/LTE. Теория и практика. – М.: Издательство «Спорт и Культура -- 2000», 2012. – 864 с.
10. Сайко В.Г. Системи бездротового цифрового радіозв'язку нового покоління: монографія. / В.Г. Сайко. - К.: ПП “Золоті ворота”, 2011.-300 с.
11. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 160с.
12. Тихвинский В.О. MWC-15: Поиск границ мобильных инноваций // Электросвязь. – 2015. -- № 4. – с. 32-34.
13. Тихвинский В.О., Архипкин В.Я. LTEWorldSummit-2013: На пути к 5G // Электросвязь. – 2013. -- № 7. – с. 34-36.

Надійшла 13.11.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Вишнівський В.В.